

UDK 004.42:658.56

ANALIZA UPAVLJANJA KVALITETOM U SUVREMENOM EVROPSKOM RAZVOJU PROGRAMSKOG PROIZVODA

ANALYSIS OF QUALITY MANAGEMENT IN MODERN EUROPEAN SOFTWARE DEVELOPMENT

Tihana GALINAC

Sažetak: Programski proizvod postao je dio gotovo svega što nas okružuje pa je time snažno porasla i važnost industrije razvoja programskog proizvoda. Kvaliteta je prepoznata kao ključ uspjeha i u razvoju programskog proizvoda. Zbog suštinske razlike programskog proizvoda i materijalnih proizvoda bilo koje vrste, osnovni principi upravljanja kvalitetom u razvoju programskog proizvoda su specifični. U radu su najprije objašnjene posebnosti programskog proizvoda i njegova razvoja, a zatim je dan pregled osnovnih principa upravljanja kvalitetom u razvoju programskog proizvoda. Osnovni cilj rada je istražiti zastupljenost primjene pojedinih principa upravljanja kvalitetom u poduzećima razvoja programskog proizvoda te na taj način predložiti smjernice za njihovu primjenu.

Ključne riječi: – programsko inženjerstvo
– upravljanje kvalitetom
– razvoj programskog proizvoda

Abstract: Software is everywhere around us and thus the importance of the software development industry has strongly increased. Quality is recognized as the key to business success in software development as well. Due to the main difference between a software product and any other material product, the main principles of quality management in software development are special. In the paper, the software and its development specifics are explained, and then a survey of basic quality management principles for software development purposes is presented. The main goal of the paper is to analyze the deployment frequency of the quality management principles in the software development companies and thus to suggest directions for their further use.

Keywords: – software engineering
– quality management
– software development

1. UVOD

Sniženje cijena računalnog sklopovlja, te u isto vrijeme povećanje procesorskih moći, dovodi do sveopće primjene programskih proizvoda u svim segmentima suvremenog društva. Stoga dolazi do sve veće potrebe za njihovim razvojem. Korisnici postaju sve zahtjevniji pa poduzeća u sve kraćim vremenskim rokovima razvijaju programske proizvode kontinuirano rastuće kompleksnosti, a pritom raspolažu ograničenim kapacitetom ljudskog napora, te su suočeni s nesigurnošću budućih poslova [1]. Automatizacija razvoja programskog proizvoda još uvijek je nezamisliva, pa čovjek ostaje nezamjenjivi osnovni pokretač razvojnog procesa. Budući da je osnova razvoja ljudska kreativnost, u razvoju programskog proizvoda posebno su važne verifikacijske aktivnosti te proaktivno upravljanje kvalitetom u svim fazama razvoja i

1. INTRODUCTION

The hardware cost decrease, and at the same time the increase in processing capacity leads to global software application in all segments of modern society. Therefore, the need for new software development is continuously increasing. Customer demands are continuously increasing as well and force companies to decrease time to market of increasingly complex software products in conditions of limited human resource capacity, and with uncertainty of future demand [1]. The complete automatization of software development processes is still impossible and human resources are still the main impetus. Since software development is based on human creativity, verification activities and proactive quality management play a key role in all development phases and processes.

In order to secure the required quality level in

procesima. Da bi se osigurala potrebna razina kvalitete u sve težim uvjetima razvoja, poduzeća se moraju brzo i fleksibilno prilagođavati novonastalim uvjetima. Također, strateški cilj poduzeća postaje povećanje sposobnosti zadovoljenja korisnikovih zahtjeva uz čim manje troškove životnog ciklusa proizvoda. Da bi se proveli strateški ciljevi do željenih rezultata, poduzeća investiraju u programe poboljšanja kako bi podigla svoju zrelost, kvalitetu svojih procesa razvoja, a time na kraju krajeva i kvalitetu programskog proizvoda [2]. U nastavku ovog rada opisani su osnovni modeli, programi, pristupi koji se predlažu za učinkovito upravljanje procesima razvoja i kvalitetom proizvoda poboljšanjima procesa razvoja.

Na osnovi istraživanja provedenog ove 2008. godine na uzorku od tridesetak ispitanika iz evropskih poduzeća koja se bave razvojem programskih proizvoda analizirana je učestalost njihove primjene. Rezultati istraživanja mogu poslužiti i kao smjernice kojima bi trebala težiti razvojna poduzeća kako bi ostvarila poslovni uspjeh na tržištu programskih proizvoda.

Da bi se pojasnila problematika učinkovitog upravljanja kvalitetom programskog proizvoda u drugom poglavlju opisane su karakteristike programskog proizvoda i okoline razvoja. Nadalje, u trećem poglavlju dan je pregled osnovnih modela, pristupa i programa učinkovitog upravljanja kvalitetom. U četvrtom poglavlju opisana je metoda korištena za istraživanje primjene opisanih pristupa u poduzećima razvoja programskog proizvoda, a u petom su analizirani dobiveni rezultati. Konačno u šestom poglavlju zaključujemo rad.

2. PROGRAMSKI PROIZVOD I OKOLINA RAZVOJA

Razvoj programskog proizvoda uvelike se razlikuje od proizvodnje ostalih materijalnih proizvoda. Stoga, postojeći modeli učinkovitog upravljanja kvalitetom korišteni u proizvodnji sklopovlja nisu potpuno primjenjivi i zahtijevaju određene preinake. Uslijed osnovnih razlika samog programskog proizvoda s obzirom na druge materijalne proizvode, programska industrija susreće se s nizom problema od kojih samo neke navodimo niže.

- Programski proizvod je apstraktan i fizički neopipljiv za razliku od bilo kojeg drugog proizvoda. Zbog toga mogućnosti mjerenja i nadzora tijekom razvoja poprilično su ograničene.
- Osnova razvoja programskog proizvoda je ljudska kreativnost, inovativnost, vještina i znanje, za razliku od proizvodnje bilo kojeg drugog proizvoda gdje se proizvodnja uglavnom temelji na materijalnim vrijednostima, što otežava upravljanje procesom.
- Zbog nesavršenosti čovjekovog rada, potreban je veliki napor uložiti u verifikacijske aktivnosti kako bi se ispunili visoki zahtjevi kvalitete. Pod verifikacijskim aktivnostima se podrazumijevaju sve

increasingly demanding development conditions, companies are forced to adapt more quickly and flexibly to new environment conditions. In addition, the strategic goal of those companies becomes to increase the capability of meeting customer satisfaction with as low of a software lifecycle cost as possible. To accomplish this strategic goal, software development companies increasingly invest in improvement programs with the aim of increasing their capabilities, quality of lifecycle processes and finally the software quality [2]. In the remainder of the paper, the main process improvement models, programs, principles available for efficient management of software lifecycle processes and software quality are listed and explained.

Based on the research performed in 2008 on a sample of 30 respondents from European software development companies, the frequency of their deployment is analyzed. The results can serve software development companies as a guideline for business success.

In order to explain the problem of efficient software quality management, in the second section are described software product characteristics and software development environment characteristics. Then, the third section presents a survey of the basic models, approaches and programs for efficient quality management. The fourth section describes the research method used for analyzing quality improvement approach deployment in software development companies, and in the fifth section, the analyzed results are presented. Finally, in the sixth section the paper is concluded.

2. SOFTWARE PRODUCT AND DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Software development significantly differs from the manufacturing industry. Therefore, the existing models for efficient quality management used in the manufacturing industry are not completely applicable for deployment in the software industry and they require some adjustments. Due to essential differences between the software product and any other material product, the software industry meets serious challenges and some of them are listed below.

- The software product is abstract and intangible compared to any other product. Therefore, the measuring and controlling of the software development process is limited.
- Software development is based on human creativity, innovation, skills and knowledge, which make process management much harder, compared to manufacturing which is based mostly on material goods.
- In order to reach the required high quality level, a large amount of effort is spent on verification activities due to human imperfection. Verification activities are defined as all activities needed for

aktivnosti koje služe za provjeru i ocjenu rezultata određene faze unutar procesa životnog ciklusa programskog proizvoda.

- Programski proizvod odmah nakon faze razvoja odlazi u primjenu i nije potrebna faza masovne produkcije za njegovu ponudu na tržištu zbog njegove prirode jednostavne multiplikacije.
- Kod proizvodnje programskog proizvoda svaki novi razvoj nadograđuje se na već razvijenoj osnovi pa stoga kompleksnost programskog proizvoda je u kontinuiranom porastu. Stoga su za razvoj programskog proizvoda prikladniji iterativni, spiralni i slični modeli procesa životnog ciklusa nego klasičan dugotrajni vodopadni model [2].
- Poduzeća razvoja takvih kompleksnih programskih sustava imaju neprekidno rastuće potrebe za ljudskim resursima određenih znanja i vještina koji bi razvijali takve programske proizvode. Da bi se udovoljilo takvim potrebama poduzeća često distribuiraju svoje poslove na nekoliko odvojenih lokacija, koje su sve češće globalno distribuirane.

Za postizanje konkurentne prednosti potrebno je brzo, učinkovito i kontinuirano prilagođavanje zahtjevima okoline, što se omogućuje kontinuiranim provođenjem poboljšanja procesa razvoja programskog proizvoda koja su ugrađena u svaki od programa učinkovitog upravljanja kvalitetom. Neke od programa poboljšanja koji se primjenjuju u razvoju programskog proizvoda navodimo u sljedećem poglavlju.

3. UPRAVLJANJE KVALITETOM

Upravljanje kvalitetom programskog proizvoda odnosi se na sve aktivnosti unutar životnog ciklusa programskog proizvoda koje služe za postizanje veće kvalitete programskog proizvoda u eksploataciji. U nastavku najprije definiramo pojam kvalitete, a zatim navodimo koncepte upravljanja kvalitetom programskog proizvoda.

3.1. Pojam kvalitete i upravljanja kvalitetom

Postoji više različitih definicija kvalitete. Svaka od predloženih definicija zavisna je o perspektivi iz koje se kvaliteta promatra, i svaka perspektiva određuje svoj skup mogućnost zadovoljenja izražene potrebe.

Najprihvaćenija definicija kvalitete je ona definirana od strane Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO), [3]: Kvaliteta je skup karakteristika nekog entiteta a koje pridonose njegovoj mogućnosti zadovoljenja zahtjeva.

ISO 9000, najpoznatiji certifikat kvalitete definirao je posebne norme za primjenu u razvojnim procesima programskog proizvoda. Standardna metrika za procjenu kvalitete programskog proizvoda definirana je ISO modelom kvalitete predloženom u [4], [5] i [6]. Ta norma predlaže model kvalitete u kojem je definirano šest karakteristika kvalitete programskog proizvoda i procesa

assessing and evaluating the results of each phase within the software lifecycle.

- A software product does not have the phase of mass production because of its nature of easy reproduction, and immediately after the development phase it is ready for application.
- In software development, every new development is based on a previously developed software product and due to that, it becomes more and more complex with every new revision. Therefore, for software development the iterative, spiral and similar lifecycle models are more appropriate than the classical long waterfall model [2].
- Software development companies, in order to satisfy the increasingly rising demands for human resources with precisely defined required competence and skills needed for such complex software systems development, are forced to distribute their work into several different locations that are becoming more and more globally distributed.

To reach the competitive advantage it is important to quickly, efficiently and continuously adapt to the environmental conditions, which is enabled with programs of continuous software product lifecycle process improvement programs, which are a part of every efficient quality management program. Some of the improvement programs which are applicable for software development are listed in the following section.

3. QUALITY MANAGEMENT

Software quality management comprises all activities within the software product lifecycle that aim to improve the quality of the software product in exploitation. In the ensuing text, we firstly define the quality, and then we list the main concepts of quality management recommended for usage within the software development community.

3.1. Quality and quality management

There are several definitions of quality. Each of the suggested definitions is dependent on the perspective from which the quality is viewed, and every perspective determines its set of requirements.

The most popular definition of quality is the one given by the International Standards Organization (ISO), [3]: 'The totality of characteristics of an entity that bears on its ability to satisfy stated and implied needs.'

ISO 9000, the most popular quality certificate, has defined special standards for application in software development processes. The standard metric for quality evaluation is defined by the ISO quality model described in [4], [5] and [6]. This standard suggests the quality model, which defines six quality characteristics of the software product

razvoja programskog proizvoda sa stajališta korisnika. Te karakteristike opisane su s skupom mjerljivih atributa. Tako definirana metrika baza je za procjenu kvalitete programskog proizvoda i na taj način omogućeno je certificiranje kompanija čime se kvaliteta proizvoda ili usluge zagwarantirana. Jedan primjer primjene ISO modela kvalitete u procesima programskog proizvoda prikazan je u [7].

Najopćenitiji skup procesa, aktivnosti i zadatka potrebnih za razvoj, izvođenje i održavanje programskog proizvoda svih namjena, neovisnih o programskom jeziku (C, Ada, itd.), metodi (objektno orijentirano) i modelu razvoja definiran je ISO normom [8]. Norma objedinjuje uglavnom industrijske dobre prakse sadržane u 23 procesa, 95 aktivnosti, 325 zadataka, te 224 moguća izlaza. Osnovna svrha norme je definiranje skupa procesa, aktivnosti i zadataka pomoću kojeg se mogu modelirati procesi životnog ciklusa programskog proizvoda.

3.2. Potpuno upravljanje kvalitetom

Kvaliteta kao strategija razvoja konkurentne prednosti i postizanja poslovnog uspjeha prepoznata je još ranih šezdesetih godina prošlog stoljeća. Začetnici filozofije upravljanja kvalitetom jesu Joseph Juran [9], Philip B. Crosby [10] i Kaoru Ishikawa [11]. Oni su prvi utemeljitelji programa pod nazivom potpunog upravljanja kvalitetom, TQM. Pregled osnovnih pristupa potpunom upravljanju kvalitetom prikazan je u [12]. Osnovna ideja TQM-a je upravljanje organizacijom usredotočeno na kvalitetu, zasnovano na sudjelovanju svih zaposlenika, s ciljem postizanja dugoročnog poslovnog uspjeha, kroz zadovoljstvo kako korisnika tako i svih zaposlenika. Osnovni cilj takvog pristupa je svjesnost kvalitete u svim organizacijskim procesima na svim organizacijskim razinama. Svatko u organizaciji treba biti svjestan potreba krajnjeg korisnika.

Veliki pomak u promicanju razvoja pristupa upravljanju kvalitetom zasnovanom na TQM principima dale su regionalne nagrade dodjeljivane za kvalitetu kao što su Nagrada Deming u Japanu [13], Priznanje Malcolm Baldrige u SAD-u [14] i Europska nagrada za kvalitetu u Zapadnoj Europi [15]. Zahvaljujući tim regionalnim nagradama razvilo se puno modela za procjenu od kojih najvažnije i najetabliranije u programskoj industriji navodimo u sljedećim potpoglavljima.

3.3. Demingov krug

Demingov krug, metodologija poznata kao 'planiraj-provedi-provjeri-poboljšaj' (PDCA) primjenjuje se kao metodologija za poboljšanje procesa. Faza planiranja odnosi se na analizu i utvrđivanje ciljeva i procesa potrebnih za ostvarenje korisnikovih zahtjeva i ciljeva

and software lifecycle process from the customer perspective. These characteristics are represented by a set of measurable attributes. Metrics, so defined, is used as the basis for product quality evaluation, and thus enables software development company certification that is then used as a guarantee for the product or service quality. One example of the application of the ISO quality model in the software lifecycle processes is described in [7].

The most general set of processes, activities and tasks needed for development, execution and maintenance of a software product for all applications independently of programming language (C, Ada, etc), method (object oriented) and software development model, is defined with the ISO standard [8]. The standard incorporates mostly industrial best practices contained in 23 processes, 95 activities, 325 tasks, and 224 possible outcomes. The main purpose of the standard is the definition of the set of processes, activities and tasks after which the software product lifecycle processes can be modeled.

3.2. Total quality management

Quality has been recognized as the development strategy of competitive advantage and as having achieved business success already in the early sixties of the previous century. The pioneers of the quality management philosophy are Joseph Juran [9], Philip B. Crosby [10] and Kaoru Ishikawa [11]. They are the founders of the program called Total Quality Management (TQM). The survey of the basic approaches to total quality management is presented in [12]. The main idea behind TQM is the management of the company focused on quality, based on the participation of all employees, with the goal to reach long-term business success through customer satisfaction as well as satisfaction of all employees. The main goal of this approach is quality awareness in all the company processes and at all levels. Everybody in the organization should be aware of customer needs.

Regional quality management awards, such as the Deming prize in Japan [13], the Malcom Baldrige award in the USA [14] and the European Foundation for Quality Management [15] in Western Europe are a big step forward in promoting further development based on total quality management principles. Thanks to the awards, several models for evaluation were developed among which the most important and the most popular in the software industry are listed in the following subsections.

3.3. Deming cycle

The Deming cycle represents the methodology well known as 'Plan-Do-Check-Act' applied as the software process improvement methodology. The Plan phase applies to the analysis and establishment of the goals and processes that are needed for customer requirements

poduzeća. Zatim faza provedi odnosi se na primjenu procesa. Potom u fazi provjeri, mjere se rezultati primjene procesa te nadzire se usklađenost rezultata izlaza procesa s postavljenim ciljevima u fazi planiranja. I na kraju u slučaju odstupanja ostvarenih rezultata i postavljenih ciljeva, slijedi ispravak rezultata te provođenje postupka poboljšanja procesa u fazi poboljšaj. Ovaj PDCA ciklus ugrađen je među aktivnosti ISO norme [8].

3.4. Poboljšanje procesa razvoja programskog proizvoda i procjena zrelosti

U ranim devedesetim uspostavila se zajednička radna grupa ISO i Međunarodnog elektrotehničkog komiteta (IEC), pod nazivom SPICE. Naziv SPICE skraćenica jekoja dolazi od poboljšanje procesa životnog ciklusa programskog proizvoda i procjena zrelosti, kako se grupa inicijalno nazvala, da bi zatim promijenila naziv u poboljšanje procesa životnog ciklusa programskog proizvoda i određivanje zrelosti. Kao rezultat rada radne grupe donesena je ISO/IEC 15504 norma [16] koja daje okvir za procjenu procesa razvoja programskog proizvoda. Prva revizija norme analizirala je isključivo procese razvoja programskog proizvoda. Kasnije, norma se proširila i na sve ostale poslovne procese razvoja programskog proizvoda. Nadalje, norma definira okvir mjerenja koji se može koristiti zajedno s različitim referentnim procesnim modelima. Norma je namijenjena za razvoj programskog proizvoda, organizacijama koje provode programe poboljšanja, kao osnova za razumijevanje inicijalnog stanja organizacije, te stanja nakon provođenja programa poboljšanja. Na taj se način omogućava procjena organizacijske sposobnosti za isporuku zahtjeva.

3.5. Modeli zrelosti

Modeli zrelosti, CMM te CMMI produkti su Instituta za programski inženjering pri Carnegie Mellon sveučilištu u Pittsburghu (SAD) koji je dobio priznanje za kvalitetu Malcolm Baldrige.

Stariji, CMM model, nastao sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća, predlaže model procesa za poboljšavanje procesa razvoja programskog proizvoda. Predloženi model sastoji se od skupa praksa, koje su se dokazale u svojoj primjeni unutar procesa razvoja programskog proizvoda. Osnovna zamisao CMM modela temelji se na modelu zrelosti organizacije s više razina i kontinuiranom modelu poboljšanja procesa razvoja. Organizacije se mogu procjenjivati obzirom na ljestvicu od pet razina zrelosti: inicijalna razina (engl. *initial*), razina ponovljivosti procesa (engl. *repeatable*), razina definiranih procesa (engl. *defined*), razina procesa pod nadzorom (engl. *managed*) i razina optimizirajućih procesa (engl. *optimizing*). Kontinuirano poboljšanje

fulfillment and achieving the company's goals. Next, the 'Do' phase applies to the process execution. Then, in the Check phase, the process execution results are measured and their alignment with the goals established in the Plan phase is controlled. And, finally, if deviation of the results from the established goals is detected, result correction and the procedure of process improvement are executed in the Act phase. This PDCA cycle is build into the activities of the ISO standards [8].

3.4. Software Process Improvement and Capability Evaluation

In the early nineties, a joint workgroup consisting of the ISO and the International Electrotechnical Committee (IEC) was established under the common name SPICE. The name SPICE is short for Software Process Improvement and Capability Evaluation, as the group has been called initially. Later the group changed the name to Software Process Improvement and Capability Determination. The result of the workgroup activity is the ISO/IEC 15504 standard [16], which gives the framework for software development process evaluation. The first revision of the standard has analyzed exclusively the software development processes. Later, the standard is extended to all software development business processes. Furthermore, the standard defines the measurement framework that can be used together with different reference process models. The standard is devoted to the software development companies, which perform improvement programs, as the basis for understanding the initial organizational capabilities, and the organizational capabilities following the improvement program execution. In this way, evaluation of organizational capability for the requirements delivery is enabled.

3.5. Maturity models

The maturity models, Capability Maturity Model (CMM) and the Capability Maturity Model Integration (CMMI), are the products of the Software Engineering Institute at the Carnegie Mellon University in Pittsburg (USA), which received the Malcolm Baldrige award.

The older model, or the CMM model, written in the mid-eighties of the last century, suggests the process model for the improvement of software development processes. The model consists of a set of the industrial software development best practices. The main idea of the CMM model is based on an organizational capability maturity model with several levels and the continuous software development improvement process. The organizations can evaluate their capabilities on the scale of five maturity model levels: initial level, repeatable level, defined level, managed level, and optimizing level. Continuous development improvement process results in the incremental improvement of organizational capability

procesa razvoja rezultira postepenim penjanjem organizacije po predloženim razinama zrelosti da bi u konačnici dostigla razinu optimizirajućih procesa na kojoj se dostiže poslovna izvrsnost.

Zbog pojave višestrukih modela organizacijske zrelosti programskih procesa pokreće se CMM integracijski projekt (CMM Integration, CMMI), [17]. CMMI okvir dizajniran je s posebnim ciljem da integrira aktivnosti poboljšanja procesa razvoja iz različitih disciplina u organizaciji. Za razliku od CMM modela, unosi dodatnu zasebnu disciplinu o mjerenjima koja je temeljena na SPICE normi [16]. S obzirom da se znanstvenim istraživanjima dokazalo da su dobro provedena mjerenja i sustavna prikupljanja podataka te statistička analiza jedan od osnovnih preduvjeta za dostizanje viših razina zrelosti, CMMI uključio je dodatno procesno područje, nazvano "Mjerenje i analiza" (engl. *Measurement and Analysis*), definirano za drugu razinu zrelosti. Osnovni smisao definicije dodatnog procesnog područja je definiranje i uspostava mehanizma upravljanja informacijama koje su neophodne za praćenje i nadzor svakog definiranog procesnog područja na jedinstven način. U zadnjem desetljeću CMM i CMMI modeli postaju popularniji od međunarodno priznatih ISO normi. Razlog tomu je što su uglavnom besplatni i jednostavno dostupni svima za razliku od ISO normi.

3.6. Sustavno vrednovanje

Postoji mnogo nezavisnih procijeniteljskih organizacija koje rade analizu zrelosti organizacija u programskoj industriji. Kao rezultat analize evaluirane organizacije dobivaju certifikat koji postaje neizostavan materijal u konkurentskoj utrci. Osim formalnog certificiranja, organizacije mogu samostalno napraviti procjenu i pozicionirati se na ljestvici zrelosti koristeći CMM upitnik za evaluaciju stupnja zrelosti organizacija. Time se stječe jasan uvid u svoje mogućnosti i snage, te područja za poboljšanje. Tehnika sustavnog vrednovanja (engl. *benchmarking*) je metoda za uspostavu referentnih mjera koje se koriste za međusobnu usporedbu između različitih organizacija. Međunarodna skupina za standarde sustavnog vrednovanja programskog proizvoda, (engl. *International Benchmarking Standards Group*), ISBSG [18], neprofitna je organizacija sastavljena od različitih nacionalnih organizacija za mjerenja s osnovnim ciljem da pomogne pri uvođenju poboljšanja pri upravljanju resursima, u poslovnom i vladinom sektoru kroz poboljšanja u izračunima projekta, produktivnosti, analizama rizika i sustavnom vrednovanju organizacija. ISBSG skupina razvila je prvu verziju generičnog okvira za tehniku sustavnog vrednovanja organizacija na temelju kojeg započinje kreiranje skladišta podataka i koji bi mogao poslužiti kao baza za ISO normu. ISBSG, u tako uređenom skladištu podataka, prikuplja podatke različitih projekata iz različitih organizacija. Svaki se novi projekt može

according to the maturity model levels in view of finally reaching the optimizing level where organizations meet the business excellence goals. Due to the extensive development of the new models for evaluating the capability of the software processes, the CMM Integration (CMMI) project has been initiated, [17]. The CMMI framework is designed with the main goal of integrating the improvement process activities of various organizational disciplines. The main difference compared to the CMM model is the introduction of the new measurement discipline based on the SPICE standard described in [16]. Since scientific research has proven that well-performed measurements, well-organized and managed data collection and statistical data analysis are one of the main prerequisites for higher maturity levels, CMMI introduced a new process area called Measurement and Analysis, defined at the second maturity level. The main purpose of defining the additional process area is the definition and establishment of the mechanisms for information management, which are necessary for the unique tracking and control of every other process area defined within CMMI. In the last decade, CMM and CMMI models are getting more popular than the internationally recognized ISO standards. The reason is that CMM and CMMI are mainly free of charge and accessible to everybody, which is not the case for the ISO standards.

3.6. Benchmarking

Many independent evaluatory organizations analyze organizational maturity in the software industry. As a result of the analysis, the evaluated organizations receive a certificate, which becomes the key material in the competition race. Besides the formal certification, the organizations can perform self-assessment and position themselves on the maturity level scale by using the CMM questionnaire for assessment of organizational maturity. Thus, the organizations get a better understanding of their capabilities and strengths, and potential areas for future improvement. Benchmarking is a common method for establishing reference measures that are to be used for comparison between different organizations. International Software *Benchmarking Standards Group*, ISBSG [18], is a nonprofit organization consisting of different national organizations for measurements with the main goal of helping to introduce improvements in IT resource management in the business and government sectors through improvements of project estimates, productivity, risk analysis and an organization's benchmarking. The ISBSG group has developed the first revision of the generic framework for an organizational benchmarking technique, which is used as the basis for the establishment of a common database that can be further used as the basis for ISO standards. ISBSG, in the so defined database, collects data from different projects and organizations. Every new project can be self-assessed

samostalno vrednovati, odnosno pozicionirati na ljestvici projekata dostupnih u ISBSG bazi projekata.

3.7. Definiranje jedinstvene metrike

Usljed sve veće potrebe usporedbe različitih procesa razvoja u svrhu ocjene organizacijske zrelosti i usporedbe kvalitete različitih programskih proizvoda pokrenut je niz inicijativa unifikacije mjerenja veličine dijela programskog proizvoda namijenjenog pojedinoj funkciji, neovisno o platformi i programskom jeziku. Međunarodni konzorcij zajedničkih programskih mjerenja, (engl. *Common Software Measurement International Consortium*), COSMIC, jedna je takva volonterska inicijativa s osnovnim ciljem da omogući precizniji izračun i mjerenje performansi. COSMIC metoda mjerenja postala je ISO 19761 normom, a vodič kroz implementaciju je [19].

3.8. Six Sigma i Lean

Uz sve predložene modele sve popularniji su proaktivni pristupi poboljšanju procesa razvoja programskog proizvoda Six Sigma i Lean [20], [21] iako se njihova primjena u procesima životnog ciklusa programskog proizvoda još istražuje [22]. Six Sigma i Lean su pristupi koji su se pokazali izrazito uspješnima u proizvodnji drugih materijalnih proizvoda. Osnovna ideja tih pristupa je povećanje poslovne izvrsnosti smanjenjem varijacije rezultata procesa. Takvim smanjenjem varijacije rezultata procesa smatra se da se postiže bolja preciznost planiranja, a time se povećava učinkovitost poduzeća u ostvarenju korisnikovih zahtjeva.

Six Sigma je pristup utemeljen na statističkom značenju šest standardnih devijacija (koja se označava sa sigma) odstupanja od srednje vrijednosti. Vjerojatnost da se slučajno odabrani podatak nalazi u 6 sigma oko srednje vrijednosti je 99.999%, pa je cilj Six Sigma pristupa smanjiti varijaciju u procesima i time osigurati veću vjerojatnost da se slučajno odabrani podatak nađe unutar željenog intervala. Osim statističke osnove, taj pristup obuhvaća TQM principe s definiranom strategijom, bogati skup alata za provođenje poboljšanja, te metodologiju koja se sastoji od sljedećih faza: definiraj (eng. Define), izmjeri (eng. Measure), analiziraj (eng. Analyze), poboljšaj (eng. Improve), nadziri (eng. Control), DMAIC. Osnovna pitanja o stupnju primjenjivosti Six Sigma pristupa u programskom inženjerstvu povezana su upravo uz statističku osnovu ovog pristupa, [22].

Lean metode procjenjuju provođenje procesa razvoja s idejom smanjenja aktivnosti u kojima se ostvaruje gubitak kao što su čekanje, neučinkovita komunikacija i preambiciozno planiranje. Osnovna ideja je posložiti i analizirati procese kao slijed aktivnosti te takvim pogledom na proces pronaći poboljšanja kojima bi se

and can position itself on the projects scale that is already available within the ISBSG database.

3.7. Common metric definition

With the increased interest in benchmarking of different development processes with the main purpose of evaluating the organizational maturity level and the quality comparison for differing software unification of several software size measurement initiatives, independent of the platform and programming language that is established. The Common Software Measurement International Consortium, COSMIC, is one of the voluntary initiatives with the main goal of enabling more precise estimates and performance measurements. The COSMIC measurement method became the ISO 19761 standard, and a guideline for its implementation is presented in [19].

3.8. Six Sigma and Lean

Besides all of the previously defined models, the proactive software process improvement approaches such as Six sigma and Lean, are getting more popular [20], [21], their application within software lifecycle processes is still questionable [22]. The Six Sigma and Lean are philosophies, which are proven very successful in the manufacturing industry. The main idea behind these philosophies is to increase business excellence through a decrease in process variation. With a decrease in variation it is believed that better planning precision can be reached, thus increasing organizational efficiency in satisfying customer requirements.

The Six Sigma is a philosophy based on the statistical meaning of six standard deviations (denoted by sigma) from the mean value. The probability that a randomly selected datum is within six sigma limits around the mean value is equal to 99.999%, and thus the goal of the Six Sigma approach is to decrease variation within the processes and therefore to secure a higher probability that randomly selected datum is within the required interval. Besides its statistical meaning, this philosophy includes the TQM principles with a defined strategy, a rich toolbox for process improvement and a methodology that consists of the following phases: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control (DMAIC). The main objections to the application of Six Sigma in software engineering are related to the statistical base of this approach, [22].

The Lean method assesses the process execution with emphasis on the reduction of wasteful activities like waiting, inefficient communication, and too ambitious planning. The main idea is to collocate and analyze the processes in a sequential order and, by doing so, find the improvements that would reduce the total variation. The Lean method recommends the splitting of large tasks into

smanjila ukupna varijacija. Osnovna preporuka Leana je podjela poslova na manje aktivnosti i obrada većeg zadatka u više iteracija sa češćim isporukama kupcu i na taj način osigurati rani odaziv kupca na kvalitetu proizvoda. Preporuka je koristiti Lean zajedno sa Six Sigma pristupom jer se korištenjem Six Sigme zbog definirane metodologije osigurava odabir najperspektivnijeg projekta poboljšanja, te olakšavaju prednosti primjene bogatog Six Sigma skupa alata. Primjene takvih pristupa sve su popularnije jer se osigurava proaktivno upravljanje kvalitetom te se postiže bolji nadzor i praćenje razvoja. Osnovna prednost takvog proaktivnog pristupa upravljanju kvalitetom je i otkrivanje rizika još u ranim fazama u kojima je moguće poduzeti akcije potrebne za dostizanje postavljenih ciljeva.

4. METODA ISTRAŽIVANJA

Osnovna ideja istraživanja bila je istražiti zastupljenost pojedinih pristupa opisanih u prethodnom poglavlju u poduzećima razvoja programskog proizvoda. Za potrebe istraživanja provedena je pregledna studija [23]. Ciljana skupina nad kojom se provelo istraživanje trebala je biti upoznata s aktivnostima upravljanja kvalitetom u programskoj industriji. Iz tog razloga slučajno je odabran uzorak na jednoj od najvećih industrijskih konferencija na području upravljanja kvalitetom pod nazivom Systems and Software Quality Conference (SQS). Anketu je provela autorica koja je na konferenciji imala pozvano predavanje [24]. Istraživanje se uklapa u njene znanstveno istraživačke projekte i interese, vidi [25], [26]. Anketa je provedena na SQS konferenciji održanoj od 16. do 18. travnja 2008. godine u Duesseldorfu pa su ispitanici iz uzorka zaposlenici europskih kompanija. Veličina uzorka je 30 ispitanika. Kako je osnovni cilj istraživanja bio istražiti zastupljenost primjene pojedinih pristupa, osnovno pitanje upitnika je odabrati koji od pristupa upravljanja kvalitetom se koristi u poduzeću razvoja programskog proizvoda. Pristupi navedeni u ponuđenim odgovorima su PDCA, SPICE, CMM, Benchmark, Six Sigma, Lean i drugi. Dodatno u upitniku postavljeni su upiti o poduzeću i proizvodu te osnovna pitanja o profilu ispitanika.

5. ANALIZA REZULTATA

Analiza rezultata provedena je tako da su pitanja podjeljena u 2 kategorije:

- kontrolna pitanja povezana uz obilježja ispitanika,
- pitanja za analizu zastupljenosti pristupa upravljanja.

5.1. Obilježja ispitanika

Ispitanici koji su sudjelovali u uzorku su zaposlenici kompanija koje se bave razvojem programskog

a number of smaller activities, and processing of such a task in a series of iterations with more frequent deliveries to the customer, thus ensuring early customer feedback on the product quality. The recommendation is to use Lean together with Six Sigma because the usage of Six Sigma with its well defined methodology ensures the choice of the most perspective improvement project, and makes the rich Six Sigma toolbox easily accessible.

The application of proactive quality management approaches is getting more popular because they secure better control and monitoring of the development process. The main benefit is in early risk detection already in the early stages in which it is possible to take adequate preventive action needed to reach the established goals.

4. RESEARCH METHOD

The main idea of the research is to explore the frequency of the deployment of the methods explained in the previous section in the software development companies. For research purposes, a survey study has been performed [23]. The target research group should be in contact with the software quality management. Hence, the sample was chosen at the Systems and Software Quality Conference (SQS), which is one of the largest industrial conferences in the field of the quality management. The research was conducted by the author who was an invited speaker at the conference [24]. It is along the lines of her research projects and interests, see for example [25], [26]. The survey was performed at SQS held between April 16 and 18, 2008 in Düsseldorf, and thus the respondents in the sample are employees of European companies. The sample size is 30 respondents. Since the main goal is to explore the frequency of the deployment of the methods, the basic question in the questionnaire is concerned with the method of quality management chosen to be used in the respondent's software development company. The methods listed as the possible answers are PDCA, SPICE, CMM, Benchmark, Six Sigma, Lean, and others. Moreover, the questionnaire contains questions on the company and the product, as well as the basic questions on the respondent's profile.

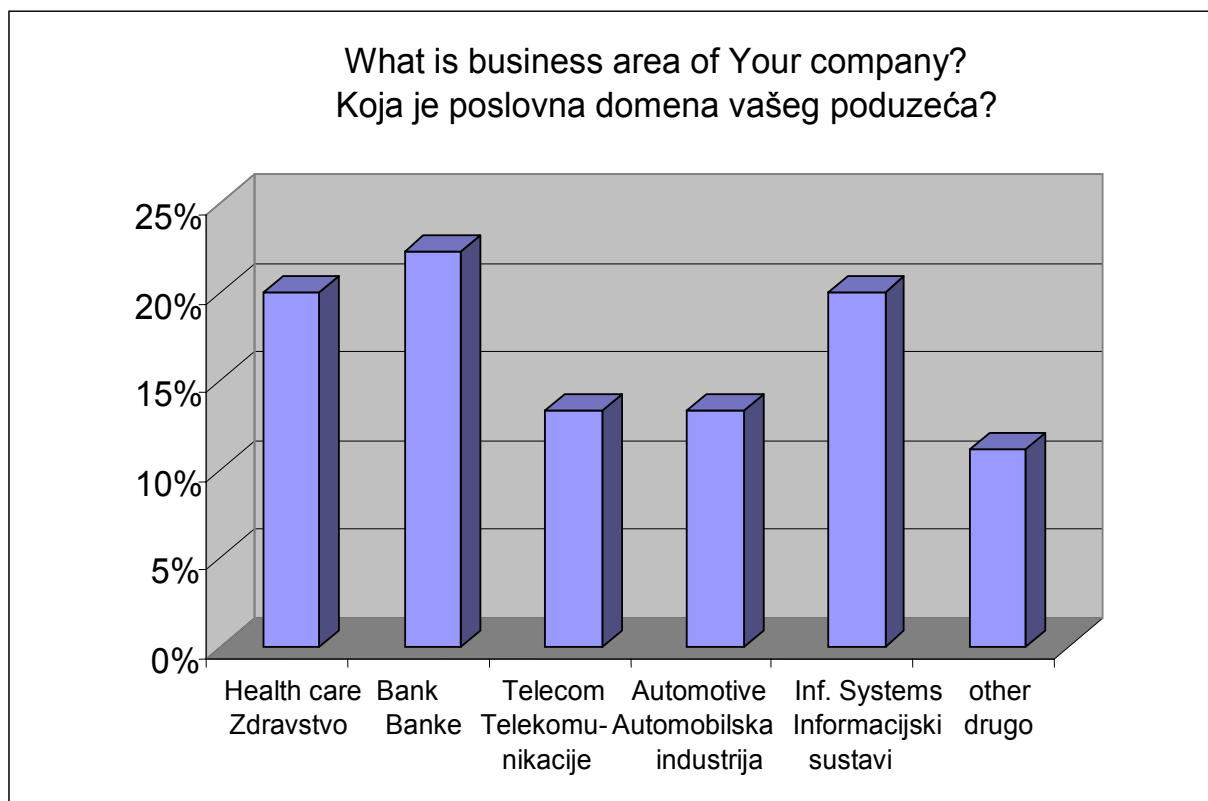
5. ANALYSIS OF THE RESULTS

The analysis is performed by categorizing questions into:

- control questions related to respondent's profile,
- questions for the analysis of the frequency of the quality management methods.

5.1. Respondent's profile

The respondents participating in the research are employees of the software development companies. The



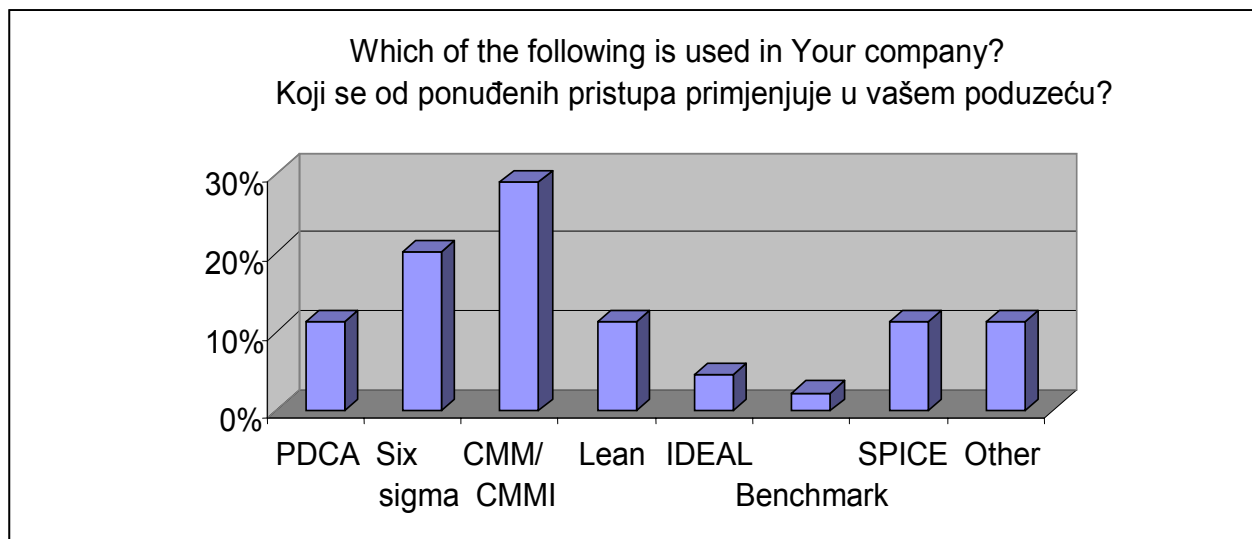
Slika 1. Analiza zastupljenosti poslovne domene organizacija ispitanika
Figure 1. Analysis of business domain of the respondents company

proizvoda. Poslovi koje su ispitanici obavljali u svom radnom vijeku su sljedeći: menadžer (15%), voditelj projekta poboljšanja (12%), menadžer za kvalitetu (22%), programer i tester (37%) i drugi (14%), iz čega zaključujemo da ispitanici iz uzorka ne dolaze iz iste grupe poslova i na taj način isključujemo njihovu subjektivnost pri analizi rezultata ankete. Pedeset posto ispitanika iz uzorka je u dobi između 25 i 35 godina, 30% u dobi između 35 i 45 godina starosti. Važno je za napomenuti da su svi ispitanici visoko obrazovani, 75% su visoke stručne spreme, 20% više stručne spreme i ostalih 5% ispitanika su doktori znanosti. 93% ispitanika iz uzorka bilo je uključeno u neki od programa poboljšanja iz čega se može zaključiti da su ispitanici upoznati s problematikom upravljanja kvalitetom programskog proizvoda.

Polu uzorka ispitanika dolazi iz super velikih poduzeća s više od 1000 zaposlenika, 30% ispitanika iz uzorka dolazi iz srednje velikih poduzeća s 50 do 300 zaposlenika. Samo 10% ispitanika iz uzorka dolazi iz malih poduzeća s manje od 50 zaposlenika. Takva analiza veličine poduzeća iz koje dolaze ispitanici važna je jer provođenje poboljšanja nije jednako za mala, srednja te velika i super velika poduzeća. Upravo iz tog razloga je za provjeru ove teze važno istražiti korelaciju

respondents positions in the company during their employment are the following: manager (15%), improvement project leader (12%), quality manager (22%), programmer and tester (37%), and other (14%), wherefrom we conclude that the respondents in the sample do not come from the same working group, and this excludes their subjectivity in the result analysis of the survey. Half of the sample respondents are of the age between 25 and 35 years, and 30% of the age between 35 and 45. It is important to mention that all the respondents are highly educated, 75% are university graduates, 20% have a bachelor degree, and the remaining 5% have a PhD. 93% of the sample respondents have been involved in improvement programs, and we conclude that they are acquainted with software quality management issues.

Half of the sample respondents come from a super large company with more than 1000 employees, 30% come from a middle size company with 50 to 300 employees. Only 10% of the sample respondents come from a small company with less than 50 employees. Such analysis of the respondent's company size is important because improving the processes is not the same for small, middle size, large and super large companies. Hence, in order to check that claim, it is important to determine the correlation of the results with the company size.



Slika 2. Analiza zastupljenosti pristupa upravljanja

Figure 2. Analysis of the frequency of the quality management approaches

rezultata s veličinom poduzeća. Nadalje više od 50% ispitanika iz uzorka svrstalo je svoje poduzeće u kategoriju globalno distribuiranih poduzeća, dok su poduzeća 30% ispitanika distribuirana na više od jedne lokacije. 83% ispitanika potvrdilo je da njihova poduzeća provode programe poboljšanja.

Nadalje istražena je povezanost rezultata ankete s poslovnim domenom poduzeća. Na osnovu analize poslovne domene poduzeća ispitanika utvrđeno je da su sve domene u kojima je primjetan povećani razvoj programskih proizvoda podjednako zastupljene: zdravstvo, bankarsko poslovanje, telekomunikacije, automobilska industrija i informacijski sustavi.

5.2. Analiza rezultata

Za analizu zastupljenosti prvo su obrađeni podaci prikupljeni iz ankete. Izbačeni su svi ispitanici koji dolaze iz poduzeća u kojima se ne primjenjuje niti jedan program poboljšanja. Iz ostatka uzorka utvrđeno je da većina poduzeća primjenjuje više od jednog od ponuđenih pristupa i samo u poduzećima 24% ispitanika se primjenjuje isključivo jedan pristup i to najčešće SPICE. Poduzeća većine ispitanika iz uzorka primjenjuju CMM/CMMI pristup poboljšanjima i to iz grupacije srednjih i super velikih poduzeća. U 50% slučajeva primjena CMM/CMMI kombinira se s primjenom Six Sigma pristupa što čini ujedno i 20% promatranog uzorka. Isto tako primjećeno je da je 11% uzorka navelo da se u njihovim poduzećima primjenjuje Lean i to uvijek zajedno sa Six Sigma pristupom. Važno je za napomenuti da je takva kombinacija isključivo povezana uz poduzeća koja su super velika.

Iz korelacijske analize rezultata primjenjivosti pojedinog pristupa s distribuiranošću poduzeća zaključuje se da 50% poduzeća koja nisu distribuirana ne provode programe

Furthermore, more than 50% of the respondents put their company into the category of globally distributed companies, while more than 30% of the respondents companies are distributed in more than one location. 83% of the respondents confirmed that their companies are conducting improvement programs. Finally, we studied the correlation between the results and the business domain. Based on the analysis of the business domain of the respondents companies, we conclude that all the domains, in which the increase of the software development is present, are equally represented by: health care, banking, telecommunications, automotive, and information systems.

5.2. Results

Before the frequency analysis, the survey data are processed. First, we have removed the respondents whose companies are not conducting improvement programs. From the rest of the sample we concluded that most of the companies apply more than one of the listed improvement programs, and only in 24% of the respondents' companies only one of the programs is conducted, and that is mostly SPICE. Most of the sample respondents companies are using the CMM/CMMI approach to improvements, in particular from the group of middle size and super large companies. In 50% of the cases, the application of CMM/CMMI is combined with the Six Sigma approach that is conducted in 20% of the sample. In addition, we notice that in 11% of the sample claims that in their companies Lean is applied, and it is always combined with the Six Sigma approach. It is important to mention that such a combination is exclusively related to the super large companies.

From the correlation analysis of the applicability of the approaches depending on the company's location

poboljšanja, a oni koji provode programe poboljšanja primjenjuju isključivo SPICE. Rezultati ove analize prikazani su grafom na slici 2.

6. ZAKLJUČAK

Učinkovito upravljanje kvalitetom u razvoju programskog proizvoda postaje ključ uspjeha u borbi za opstanak na tržištu. Uslijed nepostojanja kvantitativnih i egzotnih kriterija za procjenu kvalitete programskog proizvoda, promocija programskog proizvoda kroz certifikate organizacija razvoja postaju neizostavan materijal u konkurentskoj utrci. Istražena je primjena sljedećih pristupa: ISO norme koje služe samo kao orijentir i pripadnog SPICE okvira procjene, CMM i CMMI modeli koji daju samo smjernice što treba poboljšati na temelju iskustvenih dobrih praksi, metode sustavnog vrednovanja kojom se samo pozicionira poduzeće na skali zajedničkih mjerenja, te Lean i Six Sigma pristupi temeljeni na proaktivnijem pristupu poboljšanjima.

Iako se očekivalo da će ovo istraživanje ukazati na najzastupljeniji pristup upravljanja kvalitetom, ovo istraživanje pokazuje da u razvoju programskog proizvoda još uvijek ne postoji jedinstven pristup upravljanju kvalitetom. Većina poduzeća kombinira i nekoliko različitih pristupa. Pogotovo velika i globalno distribuirana poduzeća sve više koriste proaktivne pristupe poboljšanju, kao što su Six Sigma i Lean, ali uz to vrše evaluaciju svoje zrelosti kroz primjenu CMM/CMMI modela koji je ujedno i najrašireniji. U promatranom uzorku primjećuje se sve veća primjena CMM/CMMI pristupa i to uglavnom kod velikih i distribuiranih poduzeća. Nadalje, u super velikim poduzećima analiza pokazuje da se ti pristupi često kombiniraju s Six Sigma i Lean pristupom. Dok se kod srednjih poduzeća najčešće primjenjuje SPICE pristup.

Rezultati ovog istraživanja će biti osnova za daljnje opsežnije istraživanje pojedinih pristupa upravljanju kvalitetom. Plan je poboljšati postojeću anketu s konkretnijim pitanjima vezanim za svaki od pristupa upravljanju kvalitetom, njegove prednosti i nedostatke, te rezultate njihove primjene. Veći uzorak omogućuje dodatno područje istraživanja korelacije između primjenjenog pristupa i profila poduzeća kao što je veličina, poslovna domena.

distribution, we conclude that 50% of the companies that are not distributed do not use the improvement programs or, if they use any, it is only SPICE. The results are summarized in the Figure 2.

6. CONCLUSION

Efficient quality management in software development becomes the key to the success of the company's survival in the market. Due to the lack of the quantitative and exact criteria for software product quality evaluation, the promotion of the software product, through certificates of an organization's development, becomes essential material in the competitive race. We studied the application of the following approaches: ISO standard, which serves as a guideline, and the corresponding SPICE evaluation framework, CMM and CMMI models that give only the guidelines of what to improve based on the best practices from experience, methods of benchmarking that position the company on the scale of common measurement, and the Lean and Six Sigma approaches based on their proactive approach to improvements.

Although we expected that this research would point out the most popular approach to quality management, it turns out that there still is no unique approach to software quality management. Most of the companies combine several different approaches. In particular, huge and globally distributed companies increasingly apply more proactive improvement approaches such as Six Sigma and Lean, along with the evaluation of their capability through the CMM/CMMI model, which is the most popular. In the observed sample, we have noticed a higher rate of application of the CMM/CMMI approach, mostly in the case of large and distributed companies. Moreover, in super large companies the analysis shows that those approaches are often combined with the Six Sigma and Lean approach. On the other hand, most of the middle size companies apply the SPICE approach.

The results of this research will be used as a basis for further and more detailed investigation of specific quality management approaches. Future plans include improving the existing questionnaire with more specific questions concerning each quality management approach, its advantages and disadvantages and the results of their application. The larger sample would open an additional research area to investigate the correlation between the approach application and company profile, e.g. its size, and business domain.

LITERATURA REFERENCES

- [1] Brooks, F. P.: *The Mythical Man-Month*, Addison-Wesley, Boston, 1995
- [2] Vliet, H. v.: *Software Engineering, Principles and Practice*, John Wiley & Sons, Chichester, 2000
- [3] International Standards Organization: *Software Engineering: Product Quality Part 1: Quality Model*, ISO/IEC 9126-1, Geneva, 1997
- [4] International Standards Organization: *Software Engineering: Product Quality Part 2: External Metrics*, ISO/IEC, Geneva, 1997
- [5] International Standards Organization: *Software Engineering: Product Quality Part 2: Internal Metrics*, ISO/IEC, Geneva, 1997
- [6] International Standards Organization, *Software Engineering: Product quality Part 2: Quality in Use Metrics*, ISO/IEC, Geneva, 1997
- [7] Galinac, T., Golubić, S., *Software Reliability as One of the key attribute of the quality model*, Proceeding of the 28th International MIPRO Convention, Opatija, Croatia, 2005, pp.153-158
- [8] International Standards Organization: *Information Technology: Software life cycle processes*, ISO/IEC 1207, Geneva, 1995
- [9] Juran, J., et al.: *Juran's Quality Control Handbook*, McGraw_Hill, New York, 5th edition, 1999
- [10] Crosby, P. B.: *Quality is Still Free: Making Quality Certain in Uncertain Times*, McGraw Hill, New York, 1996
- [11] Ishikawa, K.: *Guide to Quality Control*. White Plains, New York, 1989
- [12] Vuković, A., Pavletić, D., Ikonić, M., *Basic Approaches to Total Quality Management and the Fundamental Concepts of Excellence*, Engineering Review, Vol. 27 (2007), No. 2, pp. 71- 81
- [13] Deming, W. E.: *Out of Crisis*, MIT Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, 1986
- [14] Baldrige national quality program, <http://www.quality.nist.gov>, 2008
- [15] EFQM excellence award, <http://www.efqm.org>, 2008
- [16] International Standards Organization: *Software Process Improvement and Capability Determination*, ISO/IEC 15504, Geneva, 2000
- [17] Chrissis, M. B., Konrad, M., Shrum, S.: *CMMI: Guide for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley, Boston, 2004
- [18] The ISBSG website, www.isbsg.org, 2008
- [19] Abran, A., et al.: *A COSMIC Implementation Guide for ISO/IEC 19761:2003*, ISO publication, 2003
- [20] Breyfogle, F. W.: *Implementing Six Sigma*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2003
- [21] Poppendieck, M., Poppendieck, T.: *Implementing Lean Software Development: From Concept to Cash*, Addison-Wesley, Boston, 2007
- [22] Biehl, R. E., *Six Sigma for software*, IEEE Software, Vol. 21 (2004), No. 2, pp. 68-70
- [23] Yin, R. K.: *Case Study Research Design and Methods*, SAGE Publications, London, 2003
- [24] Galinac, T., Car, Ž., *Continuous Improvement Framework for Global Software Development*, Proceedings of the SQS conference, Düsseldorf, Germany, 2008,
- [25] Macke, D., Galinac, T., *Optimized Software Process for Fault Handling in Global Software Development*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5007 (2008), pp. 395-406
- [26] Galinac, T., Car, Ž., *Software Verification Process Improvement Proposal Using Six Sigma*, Lecture Notes in Computer Science Vol. 4589 (2007), pp. 51-64

Primljeno / Received: 15.9.2008

Prihvaćeno / Accepted: 28.11.2008

Prethodno priopćenje

Preliminary note

Adresa autora/Authors' address:

Mr.sc. Tihana Galinac, dipl. ing.
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
Vukovarska 58
51000 Rijeka
HRVATSKA
tihana.galinac@riteh.hr